

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по учебной работе

  
\_\_\_\_\_ Н.В.Лобов

« 25 » февраля 20 22 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** Дополнительные главы аналитической динамики и теории колебаний  
(наименование)

**Форма обучения:** очная  
(очная/очно-заочная/заочная)

**Уровень высшего образования:** бакалавриат  
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

**Общая трудоёмкость:** 144 (4)  
(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** 15.03.03 Прикладная механика  
(код и наименование направления)

**Направленность:** Прикладная механика (общий профиль, СУОС)  
(наименование образовательной программы)

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

Формирование у студентов углубленных знаний в области исследования динамического поведения механических систем с конечным числом степеней свободы и с распределенными параметрами в рамках линейных и нелинейных математических моделей.

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

– механические системы с конечным числом степеней свободы и с распределенными параметрами;  
– аналитические и приближенные методы определения динамических характеристик механических систем.

### 1.3. Входные требования

Не предусмотрены

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-2.2	ИД-1ПК-2.2	Знает уравнения аналитической динамики и теории колебаний; методы и способы разработки расчетных моделей и численных алгоритмов для анализа динамических систем	Знает современные и эффективные численные методы, алгоритмические языки, пакеты прикладных программ, средства представления результатов для проведения инженерных расчетов и исследовательских работ в прикладной механике	Собеседование
ПК-2.2	ИД-2ПК-2.2	Умеет проводить расчеты динамических систем на основе методов теории колебаний и численных методов; использовать современные программные системы общего назначения для анализа динамических систем	Умеет создавать и использовать компьютерные модели материалов и конструкций для проведения инженерных расчетов в различных областях техники с использованием современных эффективных методов и средств, в том числе численных методов, алгоритмических языков, пакетов прикладных программ, средств представления результатов, выполнять анализ результатов расчета	Защита лабораторной работы

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-2.2	ИД-3ПК-2.2	Владеет навыками построения математических и компьютерных моделей динамических систем	Владеет навыками верификации компьютерных моделей на основе экспериментальных данных при решении задач прикладной механики	Защита лабораторной работы

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		7	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	54	54	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	18	18	
- лабораторные работы (ЛР)			
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	34	34	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	90	90	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен			
Дифференцированный зачет	9	9	
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	144	144	

### 4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
7-й семестр				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Численные методы решения динамических задач	6	0	6	16
Введение в дисциплину. Основные положения теории колебаний. Тема 1. Математические модели описания колебательного движения. Задача Коши. Сведение задачи о колебании одномассовой системы к канонической системе дифференциальных уравнений первого порядка. Математическая модель многомассовой системы. Тема 2. Численные методы решения задачи динамики. Численные методы решения задачи Коши. Метод Эйлера. Метод Рунге–Кутта. Сравнение методов, применительно к исследованию динамической системы. Исследование основных параметров колебательного процесса. Характерные явления в колебательных системах				
Численные методы решения нелинейных динамических задач	4	0	6	15
Тема 3. Свободные колебания нелинейных консервативных одно массовых систем. Методы анализа колебательных систем с нелинейными характеристиками: аналитические подходы и численные варианты реализации. Системы с кусочно-нелинейной характеристикой. Метод припасовывания. Метод гармонического баланса. Скелетная кривая. Тема 4. Вынужденные колебания нелинейных систем. Вынужденные колебания нелинейной системы при гармоническом возбуждении: аналитические подходы и численные варианты реализации. Влияние параметров системы на характер установившегося вынужденного движения. Амплитудно-частотная характеристика нелинейной системы. Субгармонические колебания.				
Колебания балок	4	0	14	40
Тема 5. Компьютерное моделирование свободных изгибных колебаний балок. Численное решение характеристического уравнения. Функции Крылова. Собственные формы колебаний балок с различными граничными условиями. Тема 6. Компьютерное моделирование вынужденных колебаний балок. Численная реализация метода разложения движения по собственным формам колебаний. Влияние выбранного набора собственных форм колебаний на закон вынужденного движения системы.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Методы численного анализа динамических систем Тема 7. Методы численного анализа динамических систем. Уравнения движения в частных производных: уравнения колебаний струны, пластин оболочек, трехмерных тел. Методы численного решения уравнений движения. Метод конечных разностей. Метод конечных элементов. Полуаналитический метод конечных элементов. Учет влияния предварительного напряженного состояния на вынужденное движение. Тема 8. Компьютерное моделирование колебаний струны. Уравнение свободных колебаний струны с заданными начальными условиями. Аналитическое решение уравнения движения. Численное исследование характера движения струны под действием внешних сил и различных начальных условий методом конечных разностей.	4	0	8	19
ИТОГО по 7-му семестру	18	0	34	90
ИТОГО по дисциплине	18	0	34	90

#### Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Численный алгоритм решения задачи Коши для СДУ
2	Численное исследование параметров свободного и вынужденного движения динамической одномассовой системы при различных внешних воздействиях
3	Исследование влияния параметров нелинейной динамической системы на амплитудно-частотную характеристику при гармоническом возбуждении
4	Компьютерное моделирование свободных изгибных колебаний балок постоянного сечения
5	Компьютерное моделирование вынужденных изгибных колебаний балок постоянного сечения
6	Компьютерное моделирование колебаний струны

## 5. Организационно-педагогические условия

### 5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

### 5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

## 6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

### 6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
<b>1. Основная литература</b>		
1	Паршаков А. Н. Физика колебаний : учебное пособие для вузов. Пермь : Изд-во ПГТУ, 2010. 301 с.	101
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Бабаков И. М. Теория колебаний : учебное пособие для вузов. 4-е изд., испр. Москва : Дрофа, 2004. 592 с.	111
2	Бидерман В.Л. Прикладная теория механических колебаний : учебное пособие для вузов. М. : Высш. шк., 1972. 416 с.	25
3	Ильин М. М., Колесников К. С., Саратов Ю. С. Теория колебаний : учебное пособие для вузов. 2-е изд., стер. Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2003. 271 с.	46

4	Пановко Г. Я. Лекции по основам теории вибрационных машин и технологий : учебное пособие для вузов. Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2008. 192 с. 12,0 усл. печ. л.	48
<b>2.2. Периодические издания</b>		
	Не используется	
<b>2.3. Нормативно-технические издания</b>		
	Не используется	
<b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>		
	Не используется	
<b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b>		
	Не используется	

## 6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Основная литература	Физика колебаний : учебное пособие для вузов / А. Н. Паршаков	<a href="https://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-160911">https://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-160911</a>	сеть Интернет; авторизованный доступ
Основная литература	Шевелев Н.А., Мельникова Т.Е. Аналитическая динамика и теория колебаний : учебное пособие. Пермь : Изд-во ПГТУ, 2007	<a href="https://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2619">https://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2619</a>	сеть Интернет; авторизованный доступ

## 6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	MATLAB 7.9 + Simulink 7.4 Academic, ПНИПУ 2009 г.
Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием, моделированием и внедрением	ANSYS (лиц. 1062978 )

## 6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	<a href="http://lib.pstu.ru/">http://lib.pstu.ru/</a>
Электронно-библиотечная система Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>

### **7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине**

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лекция	Мультимедиа-проектор, компьютер	1
Практическое занятие	Мультимедиа-проектор, компьютеры	20

### **8. Фонд оценочных средств дисциплины**

Описан в отдельном документе
------------------------------